

10 14 JAN 2005

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 04 JUL 2003	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 32 050.0

**Anmeldetag:** 16. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen

**IPC:** F 02 M 61/18

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 19. Mai 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Walner

11.07.2002 H1

5 ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen

10

Stand der Technik

15

20

Die Erfindung geht von einem Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen aus, wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist, beispielsweise aus der Offenlegungsschrift DE 196 18 650 A1. In einem Ventilkörper ist eine Bohrung ausgebildet, in der eine kolbenförmige Ventilnadel längsverschiebbar angeordnet ist, die an ihrem brennraumseitigen Ende eine Ventildichtfläche aufweist. Am brennraumseitigen Ende wird die Bohrung vom einem Ventilsitz begrenzt, mit dem die Ventildichtfläche der Ventilnadel zusammenwirkt und so durch ihre Längsbewegung die Öffnung wenigstens einer Einspritzöffnung steuert, die am brennraumseitigen Ende des Ventilkörpers ausgebildet ist.

30

35

Der Ventilsitz und die Ventildichtfläche sind zumindest im wesentlichen konisch ausgebildet. Durch die kurzen Öffnungszeiten des Kraftstoffeinspritzventils muss die Ventilnadel mit sehr großen Kräften bewegt werden, um entsprechend kleine Schaltzeiten zu erreichen. Dadurch erreicht die Ventilnadel hohe Geschwindigkeiten, mit der sie bei der Schließbewegung mit der Ventildichtfläche auf den Ventilsitz aufschlägt. Insbesondere bei sogenannten Common-Rail-Einspritzsystemen, wie sie beispielsweise aus der DE 198 27 267 A1 bekannt sind, ergeben sich deshalb hohe Anforderungen

an den Ventilsitz und die Ventilnadel, um eine hohe Lebensdauer des Kraftstoffeinspritzventils und eine möglichst über die gesamte Lebensdauer gleichbleibende Einspritzcharakteristik zu erreichen.

5

10

15

20

30

Die Bewegung der Ventilnadel in der Bohrung geschieht beispielsweise dadurch, dass auf die Ventilnadel in Richtung des Ventilsitzes eine Schließkraft wirkt. Die der Schließkraft entgegengerichtete Öffnungskraft auf die Ventilnadel ergibt sich durch Beaufschlagung der Ventilnadel mit Kraftstoff unter Druck, wobei auch ein Teil der Ventildichtfläche hierbei eine hydraulisch wirksame Kraft erfährt. Bei den bisher bekannten Kraftstoffeinspritzventilen kommt es im Betrieb zu einem Sitzverschleiß, das heißt, dass sich die Ventildichtfläche und der Ventilsitz mit der Zeit aneinander angleichen und sich die hydraulisch wirksame Teilfläche der Ventildichtfläche verändert. Dadurch ist die Einspritzung nicht mehr optimal und es kann zu erhöhten Abgasemissionen kommen.

Im Hochdruckbereich von Common-Rail-Kraftstoffeinspritzventilen, wozu auch der Bereich des Ventilsitzes zählt, kommt es als Folge der Einspritzvorgänge in der Regel zu Druckschwingungen. Zwischen zwei Einspritzungen treten dadurch oszillierende Kräfte auf den Ventilsitz und die Ventildichtfläche auf, die der hohen konstanten Grundlast durch den ständig anliegenden Hochdruck überlagert ist. Dadurch tritt zwischen Ventildichtfläche und Ventilsitz Verschleiß auf, der die Lebensdauer des Kraftstoffeinspritzventils beeinträchtigt.

#### Vorteile der Erfindung

35

Das erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzventil mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 weist demgegenüber den Vorteil auf, dass das Kraftstoffeinspritzventil ein

besseres Driftverhalten der Einspritzmenge und eine längere Lebensdauer aufweist. Die Ventildichtfläche der Ventilnadel und/oder des Ventilsitzes weisen Mikrovertiefungen im Kontaktbereich auf, die zu einer verbesserten Schmierung zwischen Ventilsitz und Ventilnadel im hochbelasteten Bereich führen. Durch eine gezielte Anpassung der Mikrovertiefungen, die in ihrer Gesamtheit eine Mikrostrukturierung bilden, an die tribologisch relevante Beanspruchung wird der Verschleiß am Ventilsitz reduziert und damit die Lebensdauer des Einspritzsystems erhöht.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Gegenstandes der Erfindung sind die Mikrovertiefungen als einzelne, voneinander getrennte Näpfchen ausgebildet. Bei einem Durchmesser der einzelnen Näpfchen von beispielsweise  $5\text{ }\mu\text{m}$ , die mit einem Abstand von ebenfalls  $5\text{ }\mu\text{m}$  in einem Rechteckraster angeordnet sind, lassen sich bis zu 10.000 Schmierdepots pro  $\text{mm}^2$  ausbilden. Bei einem größeren Durchmesser der Näpfchen sind entsprechend weniger pro Flächeneinheit vorhanden. Die Anordnung der Näpfchen kann auch in der Weise optimiert werden, dass der Abstand der Näpfchen voneinander in Umfangsrichtung der Ventildichtfläche bzw. des Ventilsitzes vom Abstand in Längsrichtung verschieden ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Mikrovertiefungen als Nuten oder Nutsegmente ausgebildet, die entweder voneinander getrennt sind oder sich teilweise überlappen oder kreuzen. Es kann hierbei vorteilhaft sein, wenn die Nuten über den gesamten Umfang der Ventildichtfläche der Ventilnadel und/oder des Ventilsitzes verlaufen, was sich einfach herstellen lässt.

Aufgrund der geringen Tiefe der Mikrovertiefungen können diese mit verschiedenen Verfahren an der Dichtfläche des Ventilieds ausgebildet werden. Beispielsweise sind hierfür Laserbearbeitung, Hartdrehen, Funkenerosion oder lithogra-

phische Verfahren geeignet. Mit diesen Verfahren lässt sich eine große Zahl von Schmierdepots kostengünstig und in kurzer Zeit herstellen.

5 Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des Gegenstandes der Erfindung sind der Beschreibung und der Zeichnung entnehmbar.

#### Zeichnung

10

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventils dargestellt. Es zeigt die Figur 1 ein Kraftstoffeinspritzventil im wesentlichen Bereich im Längsschnitt,

15

Figur 2 eine Vergrößerung des mit II bezeichneten Ausschnitts der Figur 1,

Figur 3a,

Figur 3b und

20

Figur 3c eine Vergrößerung von Figur 2 im mit III bezeichneten Ausschnitt verschiedener Ausführungsbeispiele und

Figur 4 dieselbe Ansicht wie Figur 2 mit Nuten als Mikrovertiefungen.

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

30

In Figur 1 ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventils in seinem wesentlichen Ausschnitt im Längsschnitt dargestellt. In einem Ventilkörper 1 ist eine Bohrung 3 ausgebildet, in der eine kolbenförmige Ventilnadel 5 längsverschiebbar angeordnet ist. Der Ventilkörper 1 ist hierbei in einer in der Zeichnung nicht dargestellten Brennkraftmaschine angeordnet, so dass er mit seinem brennraumseitigen Ende in den Brennraum der Brennkraftmaschine ragt beziehungsweise einen Teil der Wandung des Brennraums bildet. Die Ventilnadel 5 weist brennraumabgewandt einen

35

Führungsabschnitt 15 auf, der in einem Führungsbereich 23 der Bohrung 3 dichtend geführt ist. Ausgehend vom Führungsabschnitt 15 verjüngt sich die Ventilnadel 5 dem Brennraum zu unter Bildung einer Druckschulter 13, die die Ventilnadel 5 auf ihrem gesamten Umfang umgibt. An ihrem brennraumseitigen Ende geht die Ventilnadel 5 in eine im wesentlichen konische Ventildichtfläche 7 über, die mit einem Ventilsitz 9 zusammenwirkt, der ebenfalls im wesentlichen konisch geformt ist und der die Bohrung 3 an ihrem brennraumseitigen Ende begrenzt. Im Ventilsitz 9 ist wenigstens eine Einspritzöffnung 11 ausgebildet, die den Ventilsitz 9 mit dem Brennraum der Brennkraftmaschine verbindet. Zwischen der Ventilnadel 5 und der Wand der Bohrung 3 ist ein Druckraum 19 ausgebildet, der auf Höhe der Druckschulter 13 radial erweitert ist, wobei ein im Ventilkörper 1 ausgebildeter Zulaufkanal 25 in diese radiale Erweiterung mündet. Über den Zulaufkanal 25 kann der Druckraum 19 mit Kraftstoff unter hohem Druck befüllt werden, der dann den Druckraum 19 durchfließt und so bis zum Ventilsitz 9 gelangt.

Durch eine in der Zeichnung nicht dargestellte Vorrichtung wird eine konstante oder zeitlich veränderliche Schließkraft auf das brennraumabgewandte Ende der Ventilnadel 5 ausgeübt, so dass die Ventilnadel 5 mit ihrer Ventildichtfläche 7 in Anlage an den Ventilsitz 9 gedrückt wird. Dieser Schließkraft wirkt die hydraulische Kraft entgegen, die durch den Kraftstoffdruck im Druckraum 19 auf die Druckschulter 13 und auf Teile der Ventildichtfläche 7 wirkt. Zur Steuerung der Längsbewegung der Ventilnadel 5 in der Bohrung 3 werden diese beiden Kräfte eingesetzt. Übersteigt die hydraulische Kraft auf die Ventilnadel 5 die Schließkraft, so hebt die Ventilnadel 5 mit ihrer Ventildichtfläche 7 vom Ventilsitz 9 ab, und Kraftstoff fließt aus dem Druckraum 19 durch die Einspritzöffnungen 11 in den Brennraum der Brennkraftmaschine. Wird die Schließkraft erhöht beziehungsweise die hydraulische Kraft vermindert, so überwiegt die Schließkraft auf

die Ventilnadel 5, und die Ventilnadel 5 gelangt mit ihrer Ventildichtfläche 7 wieder in Anlage an den Ventilsitz 7, wodurch die Einspritzöffnungen 11 verschlossen werden.

5 In Figur 2 ist eine Vergrößerung des mit II bezeichneten Ausschnitts von Figur 1 gezeigt, also eine Vergrößerung des Ventilsitzbereichs des Kraftstoffeinspritzventils. Die Ventildichtfläche 7 unterteilt sich in zwei Konusflächen, von denen sich die erste Konusfläche 107 direkt an den zylindrischen Abschnitt der Ventilnadel 5 anschließt, während die  
10 zweite Konusfläche 207 an die erste Konusfläche 107 grenzt und die Spitze der Ventilnadel 5 bildet. Die erste Konusfläche 107 weist einen größeren Öffnungswinkel auf als die zweite Konusfläche 207, so dass am Übergang der beiden Konusflächen 107 und 207 eine Dichtkante 30 ausgebildet ist.  
15 Der Ventilsitz 9 weist einen Öffnungswinkel auf, der zwischen dem Öffnungswinkel der ersten Konusfläche 107 und dem der zweiten Konusfläche 207 liegt, so dass die Dichtkante 30 in Schließstellung der Ventilnadel 5 am Ventilsitz 9 zur Anlage kommt. Die Einspritzöffnungen 11, von denen in der Regel mehrere über den Umfang des Ventilkörpers 1 verteilt angeordnet sind, sind stromabwärts der Dichtkante 30 angeordnet, so dass sie durch die Ventilnadel 5 verschlossen werden können.

Die Schaltzeiten der Ventilnadel 5 sind sehr kurz: Da bei schnelllaufenden Brennkraftmaschinen, wie sie in Personenkraftwagen verwendet werden, mehr als 2000 Einspritzungen pro Minute stattfinden können, dauert ein Einspritzvorgang  
30 nur etwa 1 ms. Deshalb wirken auf die Ventilnadel 5 große Kräfte und damit hohe Beschleunigungen, die die Ventilnadel 5 mit großer Geschwindigkeit auf dem Ventilsitz 9 aufschlagen lassen, wobei sich im Betrieb des Kraftstoffeinspritzventils die Dichtkante 30 etwas in den Ventilsitz 9 einschlagen wird, so dass es zu einer Anpassung zwischen Ventildichtfläche 7 und Ventilsitz 9 kommt. Die Ventildichtflä-  
35

che 7 und der Ventilsitz 9 sind deshalb mechanisch äußerst stark belastet. Auf der einen Seite darf der Sitzbereich des Ventilkörpers 1 nicht zu hart sein, um einen Bruch in diesem Bereich auszuschließen. Auf der anderen Seite darf sich die Dichtkante 30 im Betrieb nicht zu sehr in den Ventilsitz 9 einschlagen, da sich dann auch die vom Kraftstoff im Druckraum 19 beaufschlagte Teilfläche der Ventildichtfläche 7 ändert und damit der Druck, bei dem die Ventilnadel 5 entgegen der Schließkraft in Öffnungsrichtung bewegt wird. Eine Änderung dieses Öffnungsdrucks bewirkt auch eine Änderung der gesamten Öffnungsdynamik, so dass eine präzise Einspritzung nicht mehr gewährleistet ist.

Bei Einspritzventilen, bei denen ständig Kraftstoffhochdruck im Druckraum und damit auch am Ventilsitz anliegt, ergibt sich durch Druckschwingungen eine weitere Belastung. Durch das Schließen der Ventilnadel wird der Kraftstoff im Druckraum, der zum Ventilsitz hin fließt, abrupt abgebremst, so dass sich die kinetische Energie in Kompressionsarbeit umwandelt und infolge dessen Druckschwingungen auftreten, was zu einer periodischen Belastung im Bereich von Ventilsitz und Ventildichtfläche führt. Auf diese Weise beanspruchte Kraftstoffeinspritzventile werden hauptsächlich in Common-Rail-Einspritzsystemen verwendet. Außerdem kann bei Kraftstoffeinspritzventilen, bei denen die Schließkraft auf die Ventilnadel durch den hydraulischen Druck in einem Steuer- raum erzeugt wird, Druckschwingungen in diesem Stellerraum auftreten, was ebenfalls zu periodischen Kräften auf die Ventilnadel in ihrer Schließstellung führen kann.

Um den Verschleiß an der Grenzfläche zwischen der Ventildichtfläche 7 und dem Ventilsitz 9 zu vermindern und damit die Lebensdauer zu erhöhen ist es vorgesehen, am Ventilsitz 9 oder an der Ventildichtfläche 7 Mikrovertiefungen auszubilden. Figur 3a zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel, bei dem ein vergrößerter Ausschnitt der Ventildichtfläche 7 dar-



gestellt ist, der in Figur 2 mit III bezeichnet ist. Die Ventildichtfläche 7 ist mit Näpfchen 32 bedeckt, die einzeln ausgebildet und voneinander beabstandet sind. Die Näpfchen 32 sind kreisrunde Mikrovertiefungen, die in diesem Beispiel in einem Rechteckmuster angeordnet sind. Die Tiefe der Näpfchen beträgt 0,5  $\mu\text{m}$  bis 50  $\mu\text{m}$ , wobei eine Tiefe von 3  $\mu\text{m}$  bis 20  $\mu\text{m}$  besonders vorteilhaft ist. Die Näpfchen haben einen Durchmesser zwischen 5  $\mu\text{m}$  und 100  $\mu\text{m}$ , wobei sich eine Größe von 10  $\mu\text{m}$  bis 50  $\mu\text{m}$  als besonders vorteilhaft erwiesen hat. Der Abstand der Näpfchen 32 voneinander ist im Bereich von 5  $\mu\text{m}$  bis 500  $\mu\text{m}$ , kann aber in bestimmten Fällen auch außerhalb dieses Bereichs liegen.

Durch die Näpfchen 32 wird ein Kraftstoff-Schmierfilm auf der Ventildichtfläche 7 gehalten, so dass auch bei geschlossener Ventilnadel 5, also wenn diese auf dem Ventilsitz 9 aufliegt, eine ausreichende Schmierung zwischen diesen Bauteilen gewährleistet ist. Es wird so der Verschleiß zwischen der Ventildichtfläche 7 und dem Ventilsitz 9 vermindert, wenn es durch die verschiedenen Betriebszustände des Kraftstoffeinspritzventils zu Druckschwingungen im Druckraum 19 kommt und damit zu Verformungen des Ventilkörpers 1 im Bereich des Ventilsitzes 9. Der gleiche, verschleißmindernde Effekt wird erreicht, wenn solche Näpfchen 32 neben der Ventildichtfläche 7 auch im Ventilsitz 9 ausgebildet sind. Es kann auch vorgesehen sein, nur im Ventilsitz 9 Näpfchen 32 und damit eine Mikrostruktur auszubilden, jedoch wird es im allgemeinen leichter sein, eine Mikrostruktur auf der Ventildichtfläche 7 der Ventilnadel 5 auszubilden, da diese leichter zugänglich ist.

Figur 3b zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel für Mikrovertiefungen in der Ventildichtfläche 7, wobei der dargestellte Ausschnitt gleich dem der Figur 3a ist. Anstelle von Näpfchen sind hier Nutsegmente 35 ausgebildet, die in diesem Beispiel konzentrisch um ein Zentrum angeordnet sind. Die

Nutsegmente 35 ergeben eine Vorzugsrichtung, so dass die Schmierwirkung dieser Mikrovertiefungen durch eine geeignete Orientierung auf der Ventildichtfläche 7 optimiert werden kann. Auch hier kann es vorgesehen sein, die Nutsegmente 35 auch oder ausschließlich auf dem Ventilsitz 9 auszubilden, je nach dem, was für die Schmierwirkung geeigneter ist oder weniger Kosten verursacht.

Figur 3c zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Mikrovertiefungen, die hier als Nuten 38 ausgebildet sind. Der gezeigte Ausschnitt entspricht in seiner Größe der Figur 3a und 3b. Die Nuten 38 verlaufen beispielsweise parallel zu einander und in tangentialer Richtung auf der Ventildichtfläche 7. In Figur 4 ist dies beispielhaft an der ersten Konusfläche 107 dargestellt. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass sich die Nuten überkreuzen, wie dies in Figur 4 an der zweiten Konusfläche 207 dargestellt ist. Durch die Orientierung der Nuten 38, ihre Breite und ihre Tiefe lassen sich auch hier die Schmiereigenschaften einstellen und so optimieren.

Die Herstellung der Mikrovertiefungen 32, 35, 38 kann mit verschiedenen Techniken erfolgen. So eignet sich für Nuten 38 Feindrehen, Hartdrehen oder eine Strahlbearbeitung. Näpfchen 32 können beispielsweise durch Mikroprägen, Funkenerosion oder mit lithographischen oder elektrochemischen Verfahren eingebracht werden. Die gleichen Verfahren eignen sich auch für die Herstellung der Nutsegmente 35. Nach dem Einbringen der Mikrostruktur in Ventildichtfläche 7 oder Ventilsitz 9 ist es vorgesehen, die Oberfläche nachzubehandeln, beispielsweise durch Läppen, Feinschleifen oder Finishen. Welches Verfahren im einzelnen ausgewählt wird, hängt von der Art der Mikrovertiefungen, vom Material und von der Größe der zu bearbeitenden Fläche ab.

11.07.2002 H1

5 ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Ansprüche

- 10 1. Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit ei-  
nem Ventilkörper (1), in dem in einer Bohrung (3) eine  
kolbenförmige Ventilnadel (5) angeordnet ist, und mit ei-  
nem Ventilsitz (9), der am brennraumseitigen Ende der  
15 Bohrung (3) ausgebildet ist und der mit einer an der Ven-  
tilnadel (5) ausgebildeten Ventildichtfläche (7) zusam-  
menwirkt, so dass durch die Längsbewegung der Ventilnadel  
(5) die Öffnung wenigstens einer am brennraumseitigen En-  
de des Ventilkörpers (1) ausgebildeten Einspritzöffnung  
(11) gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, dass die  
20 Ventildichtfläche (7) und/oder der Ventilsitz (9) Mikro-  
vertiefungen (32; 35; 38) aufweisen.
2. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch ge-  
kennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38)  
einzeln und voneinander getrennt ausgebildet sind.
- 25 3. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, dadurch ge-  
kennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) als  
Näpfchen (32) ausgebildet sind.
- 30 4. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 3, dadurch ge-  
kennzeichnet, dass die Näpfchen (32) in Umfangsrichtung  
der Ventilnadel (5) gesehen einen kleineren Abstand zwis-  
scheneinander aufweisen als in Längsrichtung der Ventil-  
nadel (5).

- 5      5. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 3; dadurch gekennzeichnet, dass die Näpfchen (32) in Umfangsrichtung der Ventildichtfläche (7) einen größeren Abstand zueinander aufweisen als in Längsrichtung der Ventilsitznadel (5).
6. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) einen Abstand (a) voneinander zwischen 5 µm und 500 µm aufweisen.
7. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) als Nuten (38) ausgebildet sind.
- 15      8. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) als Nutsegmente (35) ausgebildet sind.
9. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) zumindest teilweise überkreuzen.
10. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) in konzentrischen Kreisen um den gesamten Umfang der Ventildichtfläche (7) und/oder des Ventilsitzes (9) verlaufen.
- 25      11. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) zumindest teilweise überlappen.
12. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) ei-

ne Tiefe zwischen 0,5  $\mu\text{m}$  und 50  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 3  $\mu\text{m}$  und 20  $\mu\text{m}$  aufweisen.

5 13. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) eine Breite (b) zwischen 5  $\mu\text{m}$  und 100  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 10  $\mu\text{m}$  und 50  $\mu\text{m}$  aufweisen.

14. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) durch Strahlbearbeitung, Laserbearbeitung, Hartdrehen, Mikroprägen, Funkenerosion oder durch lithographische oder elektrochemische Verfahren gefertigt sind.

15 15. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Nuten (38) durch Feindrehen gefertigt sind.

20 16. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) nach dem Feinbearbeiten der Ventildichtfläche (7) und des Ventilsitzes (9) eingebracht sind und die Flächen anschließend durch Läppen, Feinschleifen oder Finishen nachbearbeitet sind.

11.07.2002 H1

5 ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen

10 Zusammenfassung

15 Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit einem Ventilkörper (1), in dem in einer Bohrung (3) eine kolbenförmige Ventilnadel (5) angeordnet ist. Die Bohrung (3) wird an ihrem brennraumseitigen Ende von einem Ventilsitz (9) begrenzt, welcher mit einer an der Ventilnadel (5) ausgebildeten Ventildichtfläche (7) zusammenwirkt, so dass durch die Längsbewegung der Ventilnadel (5) die Öffnung wenigstens einer am brennraumseitigen Ende des Ventilkörpers (1) ausgebildeten Einspritzöffnung (11) gesteuert wird. An der Ventildichtfläche (7) und/oder dem Ventilsitz (9) sind Mikrovertiefungen ausgebildet (Figur 2).

20

1 / 4

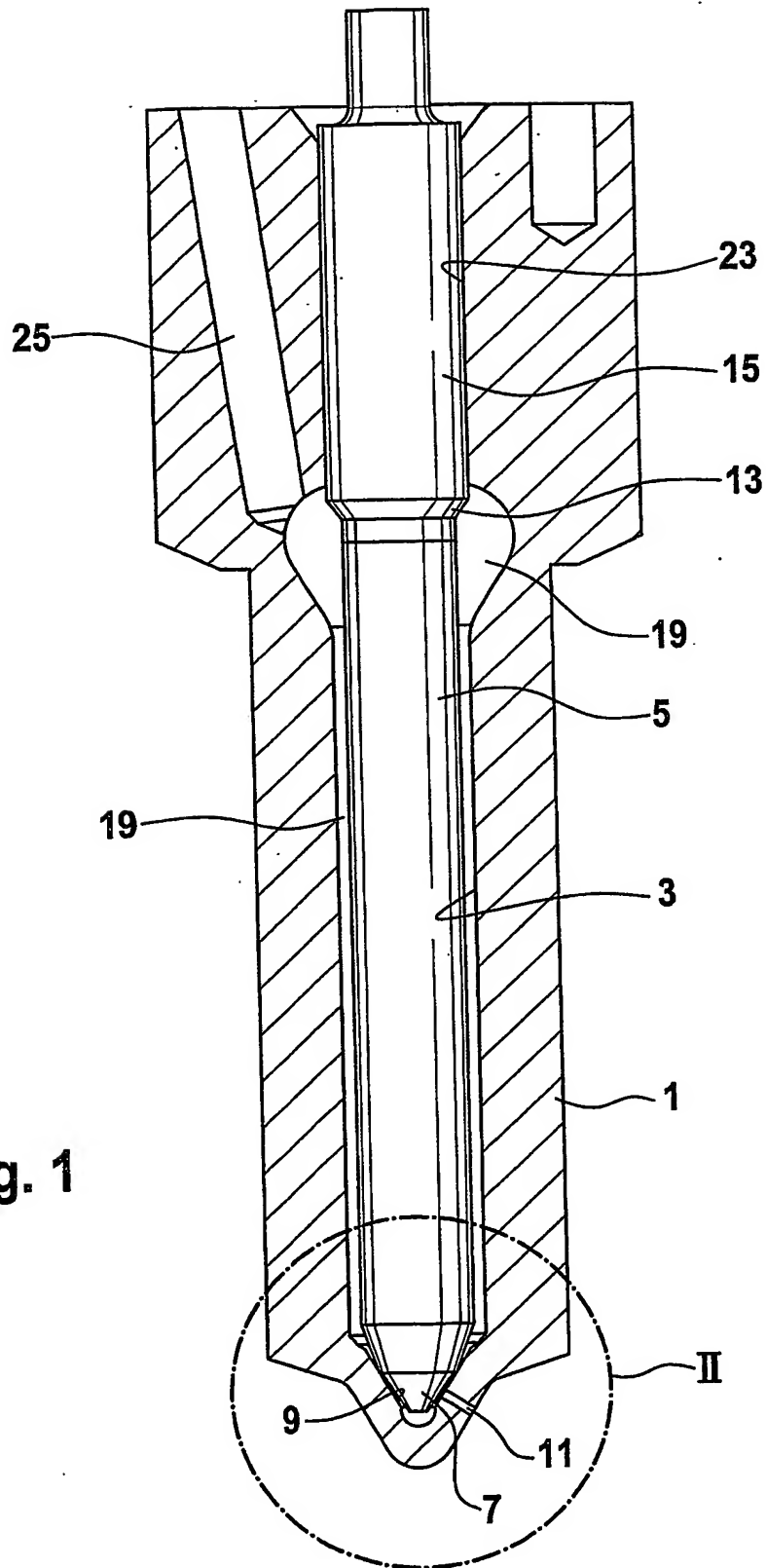


Fig. 1

**Fig. 2**

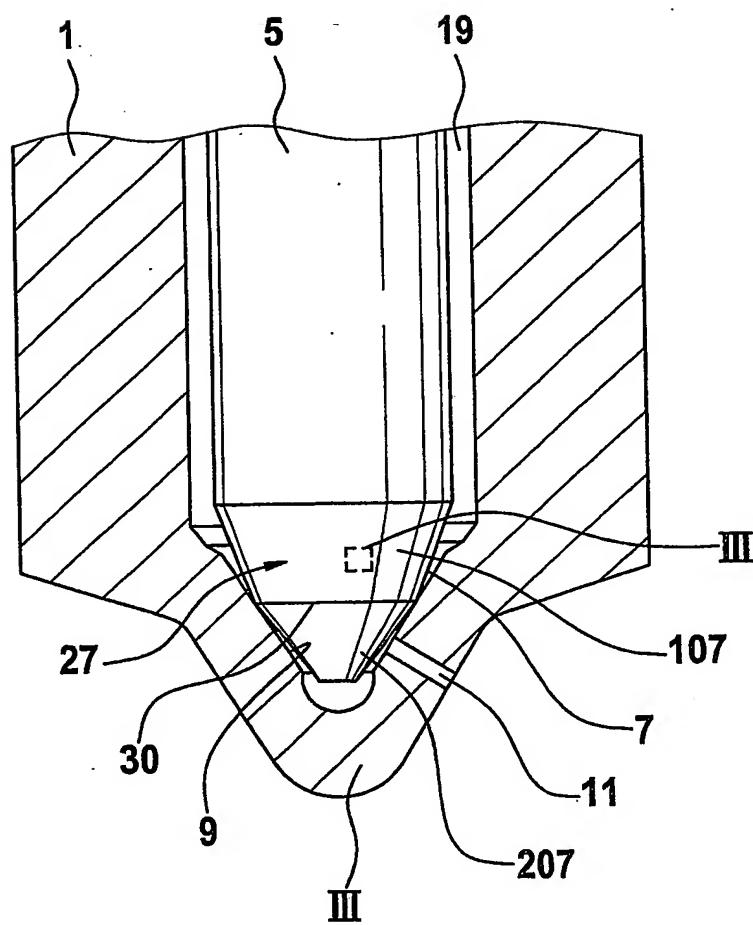




Fig. 3a

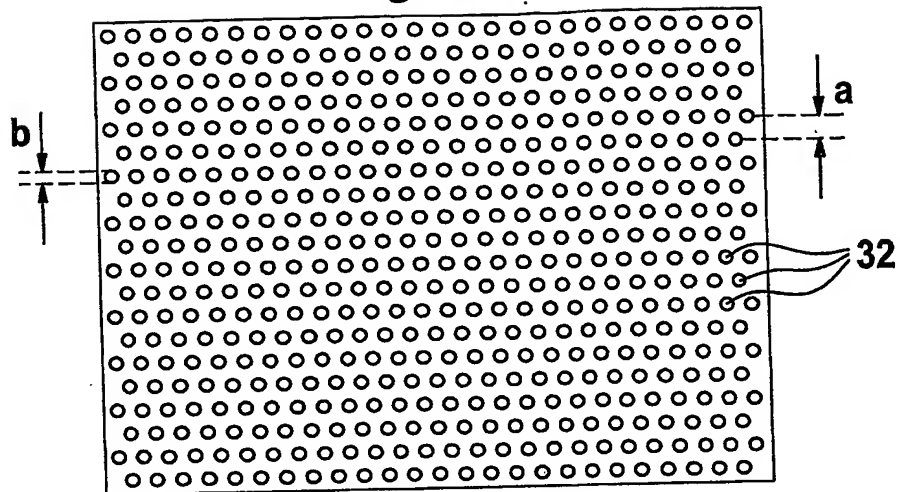


Fig. 3b

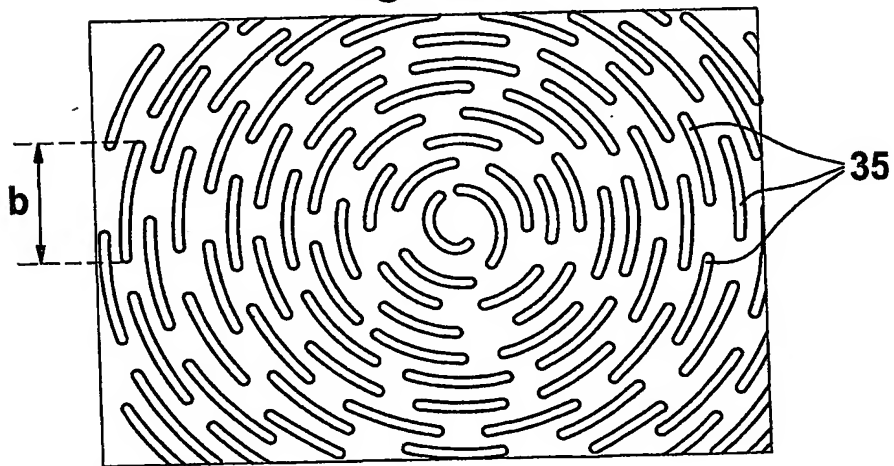


Fig. 3c

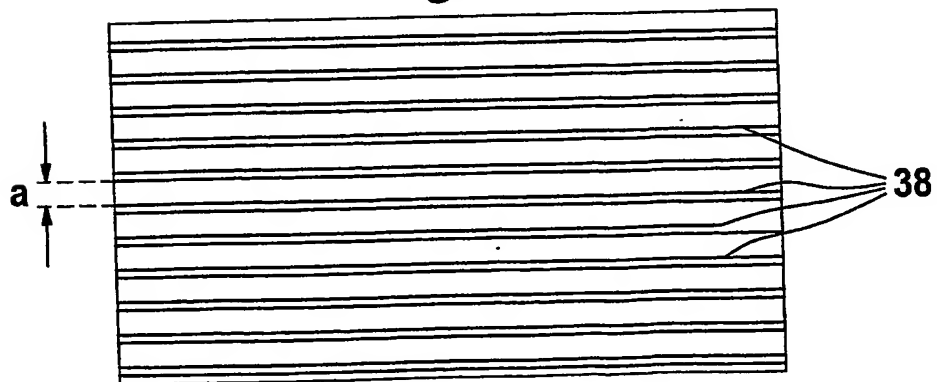
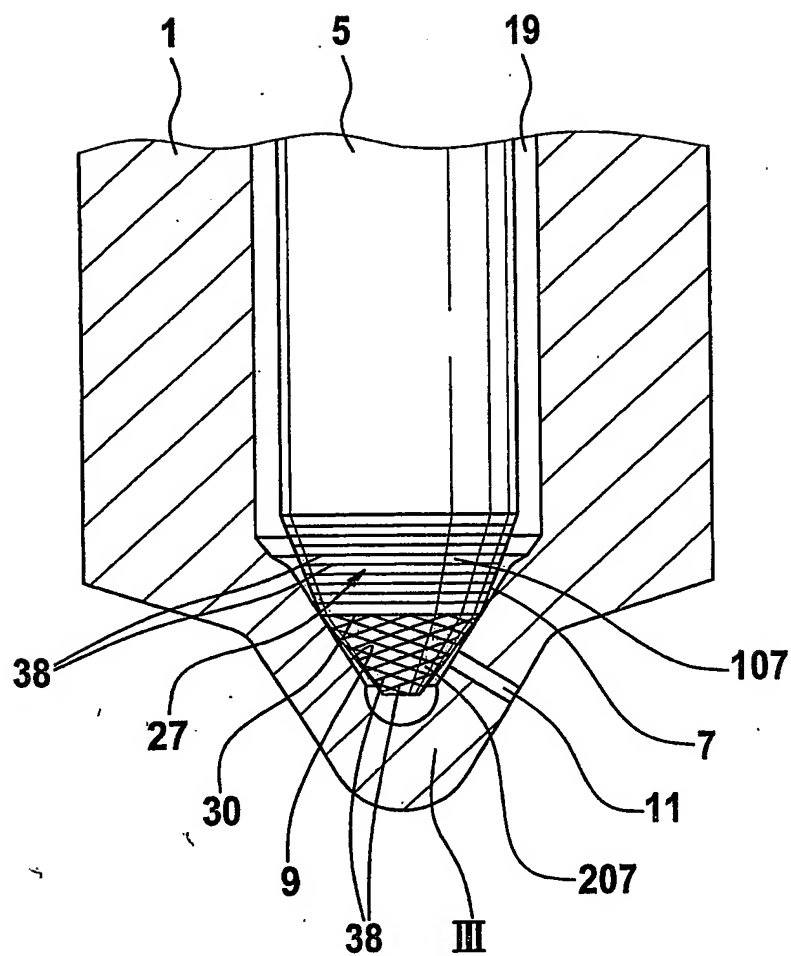


Fig. 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**